

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 142 724**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **22 12611**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 01 S 11/02 (2025.01), B 60 R 25/24, G 07 C 1/10,
H 04 B 1/69**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Modules UWB auto-calibrés pour un système d'accès véhicule.

②2 Date de dépôt : 01.12.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 07.06.24 Bulletin 24/23.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 06.06.25 Bulletin 25/23.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *VITESCO TECHNOLOGIES GmbH*
— DE.

⑦2 Inventeur(s) : *MARIMOUTOU Vincent, RATEAU
Maxime et GERARDIERE Olivier.*

⑦3 Titulaire(s) : *VITESCO TECHNOLOGIES GmbH.*

⑦4 Mandataire(s) : *VITESCO TECHNOLOGIES
FRANCE.*

FR 3 142 724 - B1



Description

Titre de l'invention : Modules UWB auto-calibrés pour un système d'accès véhicule

Domaine technique

- [0001] L'invention concerne le domaine des systèmes d'accès au véhicule.
- [0002] Un système d'accès au véhicule est embarqué sur un véhicule automobile. Il est apte à échanger des informations avec au moins un badge porté par un utilisateur souhaitant accéder audit véhicule, de manière à pouvoir authentifier et localiser cet utilisateur.

Etat de la technique

- [0003] De manière connue en soi, un système d'accès au véhicule comporte classiquement :
- un calculateur central ;
 - des moyens d'émission et réception longue portée, basés avantageusement sur la technologie dite BLE, pour l'anglais « Bluetooth Low Energy », et coopérant avec le calculateur central pour repérer et authentifier à distance un utilisateur porteur d'un badge autorisé à accéder au véhicule ;
 - des moyens d'émission et réception moyenne portée, basés avantageusement sur la technologique dite UWB, pour l'anglais « Ultra-Wide Band », et coopérant avec le calculateur central pour localiser l'utilisateur authentifié, et piloter certaines fonctions du véhicule lorsque en fonction de la position de l'utilisateur (par exemple un éclairage du véhicule à l'entrée dans un premier périmètre, puis un déverrouillage des ouvrants à l'entrée dans un second périmètre plus étroit que le premier périmètre) ; et
 - le cas échéant, des moyens de détection de présence courte portée, aptes à détecter la proximité immédiate de l'utilisateur authentifié, et coopérant avec le calculateur central pour piloter au moins une fonction de déverrouillage d'ouvrant du véhicule.
- [0004] Dans tout le texte, le terme UWB (pour l'anglais « ultra-wide band »), ou ultra-large bande, se rapporte à un signal radiofréquence à faible énergie et grande largeur spectrale. En particulier, un signal radiofréquence UWB est défini par un rapport de la largeur de bande divisée par la fréquence centrale qui est supérieur ou égal à 20%, ou par une largeur de bande de 250 MHz ou plus.
- [0005] Les moyens d'émission et réception moyenne portée comportent notamment un ensemble de modules UWB, destinés à être positionnés, en utilisation, en des emplacements prédéterminés sur le véhicule.
- [0006] Chaque module UWB comporte de préférence :
- une unité d'émission et réception, configurée pour émettre un signal UWB d'interrogation de badge, et pour recevoir en retour un signal UWB de réponse de badge ;

- une unité d'horodatage, configurée pour mémoriser des données d'horodatage, relatives à des instants d'émission du signal d'interrogation de badge et de réception du signal de réponse de badge ; et

- une unité de traitement de signal, configurée pour calculer une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge, à l'aide desdites données d'horodatage.

[0007] De manière connue en soi, chaque signal de réponse de badge incorpore en outre des données d'horodatage mémorisées au niveau du badge. Cela permet à l'unité de traitement de signal de déterminer avec précision un temps de propagation de signal radiofréquence entre le module UWB et le badge, même si les horloges du badge et du module UWB ne sont pas parfaitement synchronisées.

[0008] En tout état de cause, l'unité de traitement de signal est configurée pour déterminer un temps de propagation de signal radiofréquence entre le module UWB et le badge, nommé temps de vol. Ce temps de vol permet de déterminer une valeur courante de distance entre le module UWB et le badge, ces deux grandeurs étant reliées par la célérité de la lumière dans le vide, ou plus particulièrement la célérité d'une onde radio dans l'air.

[0009] On a en particulier :

$$d_{\text{mes}} = c \cdot \Delta t + d_{\text{cal}}, \text{ avec}$$

d_{mes} la valeur courante de distance entre le module UWB et le badge ;

c la célérité de la lumière dans le vide ;

Δt ledit temps de vol ; et

d_{cal} une distance de calibration propre au module UWB et liée notamment à de légers retards introduits par le module UWB lui-même.

[0010] De manière connue, la distance de calibration d_{cal} est calculée en usine, avant installation du module UWB sur le véhicule, et stockée dans une mémoire, au sein dudit module UWB. En utilisation, la distance de calibration d_{cal} est utilisée par l'unité de traitement de signal, pour calculer des valeurs courantes de distance entre ledit module UWB et le badge.

[0011] En utilisation, chacun des modules UWB détermine une valeur courante de distance au badge. Ces plusieurs valeurs de distance sont transmises au calculateur central, lequel détermine la position du badge par un calcul de triangulation.

[0012] Un objectif de la présente invention est de proposer une solution pour améliorer la précision de la détermination de la position du badge.

Exposé de l'invention

[0013] Cet objectif est atteint avec un ensemble d'au moins deux (de préférence au moins trois) modules dits modules UWB, dans lequel chaque module UWB comporte une unité respective d'émission et réception, une unité respective d'horodatage, et une

unité respective de traitement de signal, et dans chaque module UWB :

- l'unité d'émission et réception est configurée pour émettre et recevoir des signaux radiofréquence de type ultra-large bande, notamment pour émettre un signal d'interrogation de badge, et pour recevoir en retour un signal de réponse de badge en provenance d'un badge ;
- l'unité d'horodatage est configurée pour mémoriser des premières données d'horodatage, relatives à des instants d'émission du signal d'interrogation de badge et de réception du signal de réponse de badge ; et
- l'unité de traitement de signal est configurée pour utiliser lesdites premières données d'horodatage pour calculer une première valeur courante de temps de vol, correspondant à une durée de propagation de signal radiofréquence entre ledit module UWB et le badge, et pour calculer ensuite une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge

[0014] Selon l'invention, dans chaque module UWB :

- l'unité d'émission et réception est configurée en outre pour émettre un signal d'interrogation de module UWB, à destination de l'un au moins des trois autres modules UWB, et pour recevoir en retour au moins un signal de réponse de module UWB (en provenance de l'un au moins des trois autres modules UWB) ;
- l'unité d'horodatage est configurée pour mémoriser des deuxièmes données d'horodatage, relatives à des instants d'émission du signal d'interrogation de module UWB et de réception du signal de réponse de module UWB ;
- l'unité de traitement de signal est configurée pour utiliser lesdites deuxièmes données d'horodatage pour calculer au moins une deuxième valeur courante de temps de vol, correspondant chacune à une durée de propagation de signal radiofréquence entre ledit module UWB et l'un respectif parmi les trois autres modules UWB, et pour en déduire ensuite au moins une valeur courante de distance entre ledit module UWB et ledit autre module UWB, nommée écart mesuré ;
- l'unité de traitement de signal comporte une mémoire, stockant au moins une valeur d'écart réel, correspondant chacune à une valeur réelle de distance entre ledit module UWB et l'un respectif parmi les trois autres modules UWB ; et
- l'unité de traitement de signal est configurée pour calculer la valeur d'une distance de calibration, à l'aide de l'au moins un écart mesuré et de l'au moins une valeur d'écart réel.

[0015] Dit autrement, chaque module UWB est apte à :

- calculer une valeur courante de distance entre ledit module UWB et un badge, à l'aide d'une communication bidirectionnelle avec ledit badge ; et
- calculer la valeur d'une distance de calibration, à l'aide d'une communication bidirectionnelle avec les autres modules UWB, d'un calcul de temps de vol et du calcul

d'une différence entre une distance mesurée et une distance réelle entre deux modules UWB.

- [0016] Ainsi, chaque module UWB est apte à s'autocalibrer, c'est-à-dire calculer lui-même la valeur de distance de calibration associée aux calculs de distance qu'il réalise.
- [0017] L'autocalibration selon l'invention n'impose pas de conditions particulières, telles qu'une liaison à un appareil externe de calibration lors d'une opération de maintenance. Dit autrement, l'autocalibration selon l'invention est apte à être répétée autant de fois que souhaité au cours du temps. Il est ainsi possible de mettre à jour, tout au long de la durée de vie des modules UWB, leurs distances de calibration respectives. On peut ainsi prendre en compte, dans les calculs de distance fournis par chaque module UWB, une dérive éventuelle de la distance de calibration associée audit module UWB. Ladite dérive peut être due aux effets du vieillissement et de l'usure des matériaux, à de légers décalages des positions physiques des éléments du module, etc.
- [0018] A chaque instant, la distance de calibration utilisée pour calculer une distance à l'aide du module UWB est donc au plus près d'une valeur réelle de distance de calibration. L'erreur sur le calcul de distance est donc minimisée, et par voie de conséquence l'erreur sur la détermination de la position du badge.
- [0019] L'invention offre ainsi une solution pour améliorer la précision de la détermination de la position du badge, dans un système déterminant la position du badge à l'aide de mesures de distance fournies par chacun des modules UWB de l'ensemble selon l'invention.
- [0020] L'autocalibration utilise au moins un autre des modules UWB présents sur le véhicule, chacun de ces modules UWB étant disposé en un emplacement fixe et connu sur le véhicule. Ainsi, l'autocalibration n'impose pas l'ajout d'éléments supplémentaires dédiés. La compacité, tout comme les coûts de fabrication, sont ainsi optimisés.
- [0021] Enfin, l'autocalibration est réalisée de manière parfaitement autonome par chaque module UWB. En particulier, l'autocalibration n'implique aucun échange de données supplémentaire, entre un module UWB et le calculateur central, en comparaison avec l'art antérieur. L'invention peut ainsi être mise en œuvre à l'aide d'un calculateur central identique à ceux de l'art antérieur, sans qu'aucune adaptation ne soit nécessaire.
- [0022] En particulier, chaque module UWB est apte à réaliser l'autocalibration de sa propre initiative, à des instants prédéterminés (par exemple chaque fois qu'il passe d'un mode veille à un mode actif).
- [0023] Deux modules UWB peuvent échanger plusieurs signaux d'interrogation de module UWB et plusieurs signaux de réponse de module UWB. En complément ou en variante, l'envoi du signal d'interrogation peut être précédé de la réception d'un signal de réveil, en provenance du module UWB avec lequel une communication bidirec-

tionnelle est ensuite établie.

- [0024] De préférence, chaque signal de réponse de module UWB incorpore des données d'horodatage dites supplémentaires, mémorisées puis incorporées au signal au niveau du module UWB émettant ledit signal de réponse. Chaque module UWB est alors apte à :
- extraire ces données d'horodatage supplémentaires, du signal de réponse qu'il reçoit, et
 - utiliser également ces données d'horodatage supplémentaires, pour calculer la deuxième valeur courante de temps de vol.
- [0025] La donnée d'horodatage supplémentaire se rapporte avantageusement à un intervalle de temps entre la réception d'un signal d'interrogation de module UWB et l'envoi en retour d'un signal de réponse de module UWB, au sein du même module UWB. Il est ainsi possible de déterminer avec précision un temps de propagation entre deux modules UWB, même si leurs horloges respectives ne sont pas parfaitement synchronisées.
- [0026] De préférence, dans chaque module UWB, l'unité de traitement de signal est configurée pour calculer la valeur de la distance de calibration, à l'aide d'une différence entre l'écart mesuré et la valeur d'écart réel.
- [0027] De manière avantageuse, dans chaque module UWB :
- ladite mémoire stocke plusieurs valeurs d'écart réel, qui correspondent respectivement aux valeurs d'écart réel entre ledit module UWB et chacun des autres modules UWB ;
 - ledit module UWB est configuré pour calculer plusieurs écarts mesurés, qui correspondent à des valeurs respectives de distance entre ledit module UWB et chacun des autres modules UWB ; et
 - ledit module UWB est configuré pour calculer la valeur d'une distance de calibration, à l'aide de différences respectives entre un écart mesuré et une valeur correspondante d'écart réel, et en combinant lesdites différences.
- [0028] Dans chaque module UWB, l'unité de traitement de signal est configurée pour stocker ladite valeur de distance de calibration, et pour utiliser cette dernière lors de calculs ultérieurs d'une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge.
- [0029] Dans chaque module UWB, l'unité de traitement de signal peut être configurée pour :
- déterminer une valeur initiale de distance de calibration, puis utiliser cette dernière en tant que valeur de distance de calibration, lors de calculs ultérieurs d'une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge ; puis
 - déterminer au moins une valeur mise à jour de distance de calibration, puis utiliser cette dernière en tant que valeur de distance de calibration, lors de calculs ultérieurs

d'une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge.

- [0030] Avantagement, chaque module UWB présente un mode de fonctionnement dit classique, dans lequel il est configuré pour fournir au moins une valeur courante de distance relativement à un badge, et un mode de fonctionnement dit d'autocalibration, dans lequel il est configuré pour fournir une valeur de distance de calibration, chaque module UWB comportant en outre une unité de pilotage configurée pour piloter un basculement du module UWB vers le mode d'autocalibration.
- [0031] De manière avantageuse, dans chaque module UWB, l'unité de traitement de signal est configurée pour comparer la valeur d'une distance de calibration avec une valeur seuil prédéterminée, et pour générer un signal d'alerte lorsque la valeur d'une distance de calibration est supérieure à ladite valeur seuil.
- [0032] Dans chaque module UWB, l'unité de traitement de signal peut être configurée pour :
- détecter un module défectueux parmi les modules UWB de l'ensemble, en comparant, avec un seuil prédéterminé, une différence en valeur absolue entre l'écart mesuré et la valeur d'écart réel correspondante ; et
 - piloter la désactivation du module UWB identifié comme étant défectueux, lorsqu'il a été détecté la présence d'un module défectueux parmi les modules UWB de l'ensemble.
- [0033] L'invention couvre aussi un système de localisation d'utilisateur, destiné à être intégré au sein d'un véhicule automobile, et comportant un ensemble selon l'invention, le système comportant en outre un calculateur central, connecté à chacun des modules UWB de l'ensemble, et configuré pour :
- recevoir, en provenance de chacun respectif desdits modules UWB, une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge ; et
 - calculer, à l'aide desdites valeurs courantes de distance, une position courante du badge relativement audit véhicule.
- [0034] De préférence, ledit calculateur central est configuré en outre pour piloter un verrouillage et/ou déverrouillage d'au moins un ouvrant du véhicule automobile, en fonction notamment d'au moins une position courante du badge relativement audit véhicule.
- [0035] Le système selon l'invention peut comporter en outre le badge, le badge étant destinée à être portée par un utilisateur souhaitant accéder au véhicule automobile, et le badge comportant une mémoire stockant un code d'authentification.
- [0036] L'invention se rapporte aussi à un véhicule comportant un ensemble selon l'invention.
- [0037] L'invention se rapporte également à un procédé mis en œuvre dans chaque module UWB d'un ensemble selon l'invention, le procédé comportant les étapes suivantes :
- a/ émission du signal d'interrogation de module UWB, à destination de l'un au moins

des trois autres modules UWB, et pour réception en retour de l'au moins un signal de réponse de module UWB ;

b/ mémorisation des deuxièmes données d'horodatage, relatives à des instants d'émission du signal d'interrogation de module UWB et de réception du signal de réponse de module UWB ;

c/ à l'aide des deuxièmes données d'horodatage, calcul de la deuxième valeur courante de temps de vol, correspondant à une durée de propagation de signal radiofréquence entre ledit module UWB et l'un respectif parmi les trois autres modules UWB, et utilisation de ladite deuxième valeur courante de temps de vol pour calculer l'écart mesuré correspondant ;

d/ calcul d'une différence entre l'écart mesuré et la valeur d'écart réel correspondante, pour obtenir une valeur de distance de calibration ; puis

e/ utilisation de ladite valeur de distance de calibration pour calculer ensuite au moins une valeur courante de distance entre ledit module UWB et un badge.

[0038] De manière avantageuse, les étapes a/ à d/ sont mises en œuvre plusieurs fois au cours de la durée de vie de l'ensemble selon l'invention, et l'étape e/ est chaque fois mise en œuvre en utilisant la dernière valeur calculée de distance de calibration.

[0039] Le procédé selon l'invention peut comporter en outre :

- une étape détection d'un module défectueux parmi les modules UWB de l'ensemble, en comparant, avec un seuil prédéterminé, une différence en écart absolu entre l'écart mesuré et la valeur d'écart réel correspondante ; et

- une étape de pilotage d'une désactivation du module UWB identifié comme étant défectueux, lorsqu'il a été détecté la présence d'un module défectueux parmi les modules UWB de l'ensemble.

Description des figures

[0040] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore à la lecture de la description qui va suivre. Celle-ci est purement illustrative et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

[0041] [Fig.1] La [Fig.1] illustre de façon schématique un ensemble et un système selon l'invention, intégrés au sein d'un véhicule automobile ;

[0042] [Fig.2] La [Fig.2] illustre de façon schématique l'ensemble de la [Fig.1], et, pour l'un des modules UWB de l'ensemble, les communications bidirectionnelles existant avec les autres modules UWB de l'ensemble ;

[0043] [Fig.3] La [Fig.3] illustre de façon schématique un module UWB dans un ensemble selon l'invention ; et

[0044] [Fig.4] La [Fig.4] illustre de façon schématique un procédé mis en œuvre au sein d'un module UWB dans un ensemble selon l'invention.

[0045] **Description détaillée d'au moins un mode de réalisation**

- [0046] On décrit tout d'abord, en référence à la [Fig.1] et de manière schématique, un ensemble 100 selon l'invention.
- [0047] L'ensemble 100 est composé de plusieurs modules UWB, ou ancres, ici quatre modules UWB référencés 110₁, 110₂, 110₃ et 110₄.
- [0048] En utilisation, les quatre modules UWB sont intégrés sur un véhicule automobile 10, représenté sur la [Fig.1] en traits pointillés et selon une vue de dessus. Les quatre modules UWB sont plus particulièrement disposés respectivement aux quatre coins du véhicule automobile 10 (les quatre coins étant définis sur une représentation du véhicule en vue de dessus).
- [0049] Chacun des quatre modules UWB sera décrit plus en détail dans la suite.
- [0050] La [Fig.1] illustre également un calculateur central 200, embarqué sur le véhicule automobile 10, et un badge 300, destiné à être porté par un utilisateur souhaitant accéder à l'intérieur du véhicule automobile 10.
- [0051] En utilisation, chacun des quatre modules UWB 110₁, 110₂, 110₃ et 110₄ est apte à échanger des signaux radiofréquence de type UWB avec le badge 300. La communication bidirectionnelle entre le badge 300, et chacun respectif des modules UWB 110₁, 110₂, 110₃ et 110₄, est symbolisée en [Fig.1] par des flèches respectives 101₁, 101₂, 101₃, 101₄.
- [0052] Cet échange de signaux permet à chaque module UWB de déterminer sa distance au badge 300, par un calcul de temps de vol. Chacun des modules UWB transmet cette distance au calculateur central 200, lequel détermine, par triangulation, la position du badge 300 relativement au véhicule 10. Les modules UWB 110₁, 110₂, 110₃ et 110₄ forment ainsi, avec le calculateur 200, un système de localisation. Le cas échéant, on peut définir le système de localisation comme incorporant également le badge 300.
- [0053] Le badge 300 peut être un dispositif dédié, ou être formé par un téléphone intelligent muni d'une application dédiée. En tout état de cause, le badge 300 est configuré pour recevoir, traiter et émettre des signaux radiofréquence UWB, permettant aux modules UWB de calculer des temps de vol jusqu'audit badge.
- [0054] De manière avantageuse, le badge 300 comporte en outre une mémoire, qui stocke un code d'authentification apte à être reconnu au niveau du calculateur central 200.
- [0055] Avantageusement, le badge 300 est configuré en outre pour émettre et pour recevoir des signaux radiofréquence d'une technologie autre que l'UWB, notamment la technologie BLE de transmission radiofréquence longue portée. Cette émission longue portée peut être utilisée pour un échange de données relatives au code d'authentification mentionné ci-dessus.
- [0056] Le calculateur central 200 est embarqué sur le véhicule 10. Il comporte des éléments tels qu'au moins un processeur assorti d'une ou plusieurs mémoires. Il est configuré

pour échanger des données avec, au moins, chacun des quatre modules UWB 110₁, 110₂, 110₃ et 110₄.

[0057] Le calculateur central 200 peut présenter de nombreuses fonctionnalités autres que la seule localisation du badge 300. Par exemple, il peut être configuré pour piloter un verrouillage et/ou un déverrouillage d'au moins un ouvrant du véhicule automobile 10, en fonction notamment d'au moins une position courante du badge 300 et d'un code d'authentification transmis par ce dernier. Dit autrement, le calculateur central 200 et les quatre modules UWB 110₁, 110₂, 110₃ et 110₄ appartiennent alors à un système d'accès au véhicule, de préférence un système de type passif.

[0058] Selon l'invention, et comme illustré en [Fig.2], chacun des quatre modules UWB 110₁, 110₂, 110₃ et 110₄ est apte, en outre, à échanger des signaux radiofréquence de type UWB avec chacun des trois autres modules UWB. En particulier :

- le premier module UWB 110₁ est apte à échanger des signaux UWB avec chacun des trois modules UWB 110₂, 110₃ et 110₄ ;
- le deuxième module UWB 110₂ est apte à échanger des signaux UWB avec chacun des trois modules UWB 110₁, 110₃ et 110₄ ;
- le troisième module UWB 110₃ est apte à échanger des signaux UWB avec chacun des trois modules UWB 110₂, 110₁ et 110₄ ; et
- le quatrième module UWB 110₄ est apte à échanger des signaux UWB avec chacun des trois modules UWB 110₂, 110₃ et 110₁.

[0059] Sur la [Fig.2], on a représenté à l'aide des trois flèches 102₁, 102₃, 102₄ la communication bidirectionnelle entre le deuxième module UWB 110₂, et chacun des trois modules UWB 110₁, 110₃ et 110₄.

[0060] La [Fig.3] illustre ensuite, de façon schématique, un module UWB 110_{i=1, 2, 3 ou 4} de l'ensemble 100 selon l'invention.

[0061] Chaque module UWB 110_{i=1, 2, 3 ou 4} de l'ensemble 100 selon l'invention comporte :

- une unité 111_{i=1, 2, 3 ou 4} d'émission et réception ;
- une unité d'horodatage 112_{i=1, 2, 3 ou 4} ; et
- une unité de traitement de signal 113_{i=1, 2, 3 ou 4}.

[0062] L'unité 111_{i=1, 2, 3 ou 4} d'émission et réception est configurée pour émettre et recevoir des signaux radiofréquence de type UWB. Pour cela, elle comporte notamment un oscillateur électronique et au moins une antenne radiofréquence, apte à convertir un signal électrique en un signal radiofréquence, et inversement.

[0063] Ici, l'unité 111_{i=1, 2, 3 ou 4} d'émission et réception est configurée plus particulièrement pour :

- émettre au moins un signal d'interrogation de badge, à destination d'un badge tel que le badge 300 de la [Fig.1] ;
- recevoir au moins un signal de réponse de badge, provenant en utilisation d'un

badge ayant reçu ledit signal d'interrogation de badge ;

- émettre au moins un signal d'interrogation de module UWB, référencé SE(i) sur la [Fig.3], où i se rapporte au module UWB émetteur ; et

- recevoir au moins un signal de réponse de module UWB, référencé SR(i, j) sur la [Fig.3], où i se rapporte au module UWB émettant le signal d'interrogation et j se rapporte au module UWB émettant le signal de réponse.

[0064] Dit autrement, en plus de leur capacité à échanger des signaux avec le badge, les modules UWB de l'ensemble selon l'invention sont connectées en réseau.

[0065] Le signal d'interrogation de badge et le signal de réponse de badge ne sont pas représentés sur la [Fig.3], et correspondent aux signaux UWB émis par les modules UWB de l'art antérieur.

[0066] Le signal d'interrogation de module UWB est un signal radiofréquence UWB. Il peut être envoyé tour à tour en direction de chacun des trois autres modules UWB. En variante, le signal d'interrogation de module UWB est envoyé simultanément dans plusieurs directions de l'espace, de manière à pouvoir être reçu par chacun des trois autres modules UWB.

[0067] Le signal d'interrogation de module UWB peut présenter des caractéristiques similaires à celles du signal d'interrogation de badge, la différence étant que :

- lors de l'émission du signal d'interrogation de badge, les autres modules UWB sont placés dans un mode dans lequel ils ne réagissent pas à la réception d'un tel signal, tandis que

- lors de l'émission du signal d'interrogation de module UWB, les autres modules UWB sont placés dans un mode dans lequel ils réagissent à la réception d'un tel signal.

[0068] Le signal de réponse de module UWB est un signal radiofréquence UWB. Il peut être similaire à un signal de réponse de badge. Le signal de réponse de module UWB est émis par un autre des modules UWB de l'ensemble selon l'invention, à réception du signal d'interrogation de module UWB.

[0069] Ainsi, dans chaque module UWB, l'unité $111_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ d'émission et réception est apte :

- à recevoir au moins un signal de réponse de module UWB en provenance d'un autre des modules UWB de l'ensemble, mais également

- à émettre un tel signal de réponse de module UWB, à réception d'un signal d'interrogation de module UWB en provenance d'un autre des modules UWB de l'ensemble.

[0070] Dit autrement, dans chaque module UWB, l'unité $111_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ d'émission et réception est apte à réaliser une communication bidirectionnelle avec les autres modules UWB. Cette communication bidirectionnelle implique l'échange d'un signal d'interrogation et un signal de réponse au moins. Il peut également y avoir un signal de

réveil, envoyé par un module UWB à un autre module UWB pour établir la communication bidirectionnelle.

- [0071] En pratique, l'unité $111_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ d'émission et réception peut recevoir, simultanément ou non, un signal de réponse de module UWB provenant de chacun des trois autres modules UWB de l'ensemble.
- [0072] L'unité d'horodatage $112_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ est connectée à l'unité $111_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ d'émission et réception. Elle est configurée pour mémoriser :
- des premières données d'horodatage, relatives à des instants d'émission du signal d'interrogation de badge et de réception du signal de réponse de badge (comme dans les modules UWB de l'art antérieur) ; et
 - des deuxièmes données d'horodatage, relatives à des instants d'émission d'un signal d'interrogation de module UWB, noté $SE(i)$, et de réception d'un signal de réponse de module UWB, noté $SR(i, j)$, émis par un autre des modules UWB et en réponse à la réception du signal $SE(i)$.
- [0073] Les deuxièmes données d'horodatage peuvent se rapporter aux instants respectifs de réception de signal de réponse de module UWB, en provenance de chacun des trois autres modules UWB.
- [0074] L'unité d'horodatage $112_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ peut comporter sa propre mémoire, dans laquelle sont stockées les données d'horodatage. En variante, elle inscrit directement des données dans l'unité de traitement de signal $113_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$.
- [0075] En tout état de cause, l'unité de traitement de signal $113_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ est connectée à l'unité d'horodatage $112_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$, de manière à pouvoir recevoir les premières et deuxièmes données d'horodatage.
- [0076] De manière avantageuse, une partie au moins des deuxièmes données d'horodatage peut être encodée, ou incorporée, dans un signal de réponse de module UWB émis par ledit module.
- [0077] L'unité de traitement de signal $113_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ est configurée pour pouvoir mettre en œuvre un premier traitement de signal ainsi qu'un deuxième traitement de signal. Elle comporte avantageusement au moins un microcontrôleur.
- [0078] Dans un mode de réalisation avantageux, l'unité $111_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ d'émission et réception, l'unité d'horodatage $112_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ et l'unité de traitement de signal $113_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ sont intégrées ensemble sur un même circuit imprimé. On s'affranchit ainsi de câbles de connexion entre ces éléments, susceptibles d'apporter des retards supplémentaires.
- [0079] Le premier traitement de signal est similaire à ce qui existe dans l'art antérieur. Il consiste à :
- utiliser les premières données d'horodatage, pour calculer une première valeur courante de temps de vol entre le module UWB 110_i et un badge tel que le badge 400 de la [Fig.1], la première valeur courante de temps de vol correspondant à une durée de

propagation de signal radiofréquence entre ledit module UWB 110_i et le badge ; puis
 - à l'aide dudit temps de vol, calculer une valeur courante de distance entre ledit module UWB 110_i et le badge.

[0080] De manière avantageuse, le calcul de la première valeur courante de temps de vol utilise également des données d'horodatage supplémentaires extraites du signal de réponse de badge. Ces données se rapportent de préférence à des intervalles de temps entre une réception de signal et une émission de signal, au niveau du badge.

[0081] De manière connue en soi, la valeur courante de distance est donnée par :
 $d_B(t) = \Delta t_1(t) * c + d_{cal}$, avec
 $d_B(t)$ la valeur de distance entre ledit module UWB 110_i et le badge, à l'instant t ;
 c la célérité de la lumière dans le vide ;
 $\Delta t_1(t)$ la première valeur de temps de vol, à l'instant t ; et
 d_{cal} une distance de calibration prédéterminée., associée au module UWB 110_i.

[0082] La distance de calibration d_{cal} est une valeur spécifique au module UWB 110_i considéré. Elle prend en général une valeur non nulle, en raison notamment des différents retards temporels qui peuvent être introduits au sein dudit module UWB.

[0083] Le deuxième traitement de signal est original. Il consiste à :
 - utiliser les deuxièmes données d'horodatage, pour calculer au moins une deuxième valeur courante de temps de vol entre le module UWB 110_i et l'un des trois autres modules UWB. Chaque deuxième valeur courante de temps de vol correspond à une durée de propagation de signal radiofréquence entre ledit module UWB 110_i et l'un des trois autres modules UWB ; puis
 - à l'aide de l'au moins un temps de vol, calculer au moins une valeur courante de distance entre ledit module UWB 110_i l'un des trois autres modules UWB. Chaque valeur courante de distance est nommée écart mesuré.

[0084] De manière avantageuse, le calcul de la deuxième valeur courante de temps de vol utilise également des données d'horodatage supplémentaires, extraites du signal de réponse de module UWB. Ces données d'horodatage supplémentaires se rapportent de préférence à des intervalles de temps entre une réception de signal d'interrogation et une émission de signal de réponse, au niveau du module UWB envoyant ledit signal de réponse. Pour cela, chaque module UWB est configuré à la fois pour incorporer de telles données à un signal de réponse de module UWB qu'il envoie, et pour extraire de telles données d'un signal de réponse de module UWB qu'il reçoit.

[0085] Le deuxième traitement de signal peut inclure le calcul d'une pluralité de deuxièmes valeurs courantes de temps de vol, respectivement entre le module UWB 110_i et chacun des trois autres modules UWB. Il peut alors inclure le calcul d'une pluralité de valeurs courantes de distance, respectivement entre le module UWB 110_i et chacun des trois autres modules UWB.

- [0086] L'unité de traitement de signal 113_{i=1, 2, 3 ou 4} comporte une mémoire, non représentée spécifiquement sur la [Fig.3], et stockant au moins une valeur d'écart réel. Chaque valeur d'écart réel correspond à la valeur réelle de distance entre ledit module UWB 110_i, et l'un respectif des trois autres modules UWB. Ces valeurs d'écart réel sont des données connues, liées aux emplacements physiques des modules UWB, dans les conditions d'utilisation. Il s'agit en pratique des distances réelles entre les modules UWB lorsqu'ils sont montés sur un véhicule automobile. Les valeurs d'écart réel peuvent être des données standards, communes à tous les véhicules d'un même modèle. En variante, on peut prévoir une étape préliminaire de mesure desdites valeurs d'écart réel sur un véhicule automobile en particulier, et stockage desdites mesures dans l'unité de traitement de signal 113_{i=1, 2, 3 ou 4} dudit véhicule.
- [0087] L'unité de traitement de signal 113_{i=1, 2, 3 ou 4} est configurée en outre pour calculer une valeur de la distance de calibration d_{cal} , à l'aide de l'au moins un écart mesuré, et de l'au moins une valeur d'écart réel.
- [0088] La valeur de la distance de calibration d_{cal} est fonction en particulier d'au moins une différence δ_j , telle que :
- $$\delta_j = E_R(j) - \Delta t_2(t ; j) * c, \text{ avec}$$
- $E_R(j)$ l'écart réel avec l'autre module UWB d'indice j ;
 c la célérité de la lumière dans le vide ; et
 $\Delta t_2(t ; j)$ la deuxième valeur de temps de vol, obtenue à l'instant t et à l'aide d'un signal en provenance du module UWB d'indice j , où $\Delta t_2(t ; j) * c$ correspond à la valeur d'écart réel entre le module UWB 110_i et le module UWB 110_j .
- [0089] La valeur de la distance de calibration d_{cal} est par exemple une moyenne arithmétique des δ_j , obtenus pour chacun des trois autres modules UWB 110_j, et le cas échéant pour différents instants de mesure. On peut pondérer la moyenne, par exemple pour donner plus de poids aux écarts réels les moins susceptibles d'erreur, etc.
- [0090] En pratique, chaque module UWB 110_{i=1, 2, 3 ou 4} présente avantageusement deux modes de fonctionnements (en plus d'un mode veille) :
- un mode dit « classique », dans lequel il est configuré pour fournir au moins une valeur courante de distance relativement à un badge ; et
 - un mode dit « d'autocalibration », dans lequel il est configuré pour fournir une valeur de distance de calibration.
- [0091] De préférence, chaque module UWB 110_{i=1, 2, 3 ou 4} est apte à initier lui-même un basculement vers le mode d'autocalibration. En particulier, chaque module UWB 110_{i=1, 2, 3 ou 4} est apte à initier lui-même la communication avec les autres modules UWB suivie des étapes ultérieures permettant in fine de déterminer une valeur de la distance de calibration d_{cal} . Dit autrement, chaque module UWB 110_{i=1, 2, 3 ou 4} est apte à initier la mise en œuvre des étapes du procédé selon l'invention, tel que décrit ci-après en référence à

la [Fig.4]. Chaque module UWB $110_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ est apte à réaliser ce basculement de sa propre initiative, sans sollicitation extérieure notamment par un calculateur central ou un appareil externe de calibration, ou un téléphone intelligent.

- [0092] Pour réaliser ce basculement, chaque module UWB $110_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ comporte avantageusement une unité respective de pilotage $114_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$. Chaque unité de pilotage $114_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ est configurée pour initier la mise en œuvre des étapes du procédé selon l'invention, à des instants prédéterminés, par exemple à chaque démarrage du véhicule automobile.
- [0093] Dans chaque module UWB, l'unité de pilotage est donc configurée pour piloter la mise en œuvre des étapes suivantes, à des instants prédéterminés :
- émission d'au moins un signal d'interrogation de module UWB et réception d'au moins un signal de réponse de module UWB, par l'unité d'émission et réception ;
 - mémorisation de deuxièmes données d'horodatage correspondantes, à l'aide de l'unité d'horodatage ;
 - à l'aide de l'unité de traitement de signal, calcul d'au moins une deuxième valeur courante de temps de vol, puis d'au moins un écart mesuré correspondant, et enfin d'une valeur d'une distance de calibration.
- [0094] On décrit ensuite, en référence à la [Fig.4], les étapes du procédé selon l'invention, mis en œuvre au niveau de chaque module UWB 110_i de l'ensemble selon l'invention.
- [0095] Dans une première étape 401, on émet un signal d'interrogation de module UWB tel que décrit ci-avant. Cette étape 401 est mise en œuvre à l'aide de l'unité $111_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ d'émission et réception.
- [0096] Dans une deuxième étape 402, on reçoit au moins un signal de réponse de module UWB tel que décrit ci-avant. Cette étape 402 est mise en œuvre à l'aide de l'unité $111_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$ d'émission et réception.
- [0097] Ces étapes 401 et 402 peuvent être répétées plusieurs fois.
- [0098] Dans une troisième étape 403, on mémorise les deuxièmes données d'horodatage telles que décrites ci-avant, relative aux instants d'émission de signal à l'étape 401 et de réception de signal à l'étape 402. Cette étape 403 est mise en œuvre à l'aide de l'unité d'horodatage $112_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$. Elle peut être mise en œuvre en même temps que les étapes 401 et 402. Sur la [Fig.4], les deuxièmes données d'horodatage sont notées T_i .
- [0099] Dans une quatrième étape 404, on calcule au moins une deuxième valeur courante de temps de vol, telle que décrite ci-avant. Cette étape 404 est mise en œuvre à l'aide de l'unité de traitement de signal $113_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$. Sur la [Fig.4], l'au moins une valeur de temps de vol ainsi calculée est notée Δt .
- [0100] Dans une cinquième étape 405, on calcule au moins un écart mesuré tel que décrit ci-avant. Cette étape 405 est mise en œuvre à l'aide de l'unité de traitement de signal $113_{i=1, 2, 3 \text{ ou } 4}$. Sur la [Fig.4], l'au moins écart mesuré ainsi calculée est notée E_m .

- [0101] Dans une sixième étape 406, on calcule la différence entre au moins un écart mesuré E_m , et une valeur correspondante d'écart réel E_r telle que décrite ci-avant, et on en déduit une valeur de distance de calibration, comme décrit ci-avant. Cette étape 406 est mise en œuvre à l'aide de l'unité de traitement de signal 113_{i=1, 2, 3 ou 4}. Sur la [Fig.4], la valeur de distance de calibration est notée d_{cal} .
- [0102] Le procédé comporte ensuite une étape, non représentée, de mise à jour de la valeur d'une constante.
- [0103] Cette valeur d_{cal} est ensuite utilisée pour mettre à jour la valeur d'une constante, stockée dans l'unité de traitement de signal 113_{i=1, 2, 3 ou 4} et utilisée en tant que distance de calibration pour calculer une valeur courante de distance entre le module UWB 110_i et un badge. Ainsi, les calculs ultérieurs d'une distance à un badge seront basés sur la valeur de distance de calibration calculée à l'aide des étapes 401 à 406 décrites ci-avant.
- [0104] De manière avantageuse, une nouvelle valeur de distance de calibration peut être calculée plusieurs fois au cours de la durée de vie de chaque module UWB. A chaque fois, cette nouvelle valeur de distance de calibration est utilisée pour mettre à jour la valeur de ladite constante. On s'assure ainsi prendre en compte, au cours du temps, l'effet d'un vieillissement de chaque module.
- [0105] L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits ci-avant, et inclut également de nombreuses autres variantes, par exemple avec un nombre différent de modules UWB dans l'ensemble de modules. Par exemple, l'ensemble peut comporter seulement deux modules UWB, installés en utilisation chacun sur un pilier B respectif du véhicule. Selon une autre variante, l'ensemble peut comporter plus de quatre modules UWB, avec, en utilisation, un module UWB sur chaque coin du véhicule et un au plusieurs modules UWB au centre ou sur un pilier B du véhicule.
- [0106] On peut remarquer qu'une forte augmentation de la distance de calibration peut indiquer un dysfonctionnement de l'un au moins des modules UWB. Dans des variantes avantageuses, dans chaque module UWB, l'unité de traitement de signal est configurée pour :
- détecter un module défectueux parmi les modules UWB de l'ensemble, en comparant, avec un seuil prédéterminé, une différence en écart absolu entre l'écart mesuré et la valeur réelle de distance correspondante ; et
 - piloter la désactivation du module UWB identifié comme étant défectueux, lorsqu'il a été détecté la présence d'un module défectueux parmi les modules UWB de l'ensemble.
- [0107] En pratique, un module UWB peut piloter sa propre désactivation, ou la désactivation d'un module tiers.
- [0108] Par exemple, un module UWB, noté A, calcul un écart mesuré E_{AB} , respectivement E

E_{AC} , relativement à l'un deuxième module UWB, noté B, respectivement l'un troisième module UWB, noté C.

- [0109] Si E_{AB} est très éloigné de la valeur réelle de distance entre les modules A et B (au-delà d'un premier seuil prédéterminé), tandis que E_{AC} est assez proche de la valeur réelle de distance entre les modules A et C (en-dessous d'un deuxième seuil prédéterminé, distinct ou identique au premier seuil prédéterminé), alors il est considéré que le module B est dysfonctionnel et le module A pilote la désactivation du module B.
- [0110] Si E_{AB} est très éloigné de la valeur réelle de distance entre les modules A et B (au-delà d'un premier seuil prédéterminé), et que E_{AC} est également très éloigné de la valeur réelle de distance entre les modules A et C (au-delà d'un deuxième seuil prédéterminé, distinct ou identique au premier seuil prédéterminé), alors il peut être considéré que le module A lui-même est dysfonctionnel, et le module A se désactive.
- [0111] La désactivation d'un module UWB est avantageusement accompagnée de l'émission d'un signal d'alerte, destiné à informer l'utilisateur du véhicule qu'une maintenance est nécessaire.

Revendications

- [Revendication 1] Ensemble (100) d'au moins deux modules dits modules UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i) pour un système de localisation d'utilisateur destiné à être intégré au sein d'un véhicule automobile, dans lequel chaque module UWB est destiné à être positionnés, en utilisation, en un emplacement prédéterminé sur un véhicule automobile, et comporte une unité respective d'émission et réception (111_i), une unité respective d'horodatage (112_i), et une unité respective de traitement de signal (113_i), et dans chaque module UWB :
- l'unité d'émission et réception (111_i) est configurée pour émettre et recevoir des signaux radiofréquence de type ultra-large bande, notamment pour émettre un signal d'interrogation de badge, et pour recevoir en retour un signal de réponse de badge en provenance d'un badge (300) ;
 - l'unité d'horodatage (112_i) est configurée pour mémoriser des premières données d'horodatage, relatives à des instants d'émission du signal d'interrogation de badge et de réception du signal de réponse de badge ; et
 - l'unité de traitement de signal (113_i) est configurée pour utiliser lesdites premières données d'horodatage pour calculer une première valeur courante de temps de vol, correspondant à une durée de propagation de signal radiofréquence entre ledit module UWB et le badge (300), et pour calculer ensuite une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge (300) ;
- caractérisé en ce que, dans chaque module UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i) :
- l'unité d'émission et réception (111_i) est configurée en outre pour émettre un signal d'interrogation de module UWB ($SE(i)$), à destination de l'un au moins des trois autres modules UWB, et pour recevoir en retour au moins un signal de réponse de module UWB ($SR(i, j)$) ;
 - l'unité d'horodatage (112_i) est configurée pour mémoriser des deuxièmes données d'horodatage (T_i), relatives à des instants d'émission du signal d'interrogation de module UWB ($SE(i)$) et de réception du signal de réponse de module UWB ($SR(i, j)$) ;
 - l'unité de traitement de signal (113_i) est configurée pour utiliser lesdites deuxièmes données d'horodatage pour calculer au moins une deuxième valeur courante de temps de vol (Δt), correspondant chacune à

une durée de propagation de signal radiofréquence entre ledit module UWB et l'un respectif parmi les trois autres modules UWB, et pour en déduire ensuite au moins une valeur courante de distance entre ledit module UWB et ledit autre module UWB, nommée écart mesuré (E_m) ;

- l'unité de traitement de signal (113_i) comporte une mémoire, stockant au moins une valeur d'écart réel (E_r), correspondant chacune à une valeur réelle de distance entre ledit module UWB et l'un respectif parmi les trois autres modules UWB ; et
- l'unité de traitement de signal (113_i) est configurée pour calculer la valeur d'une distance de calibration (d_{cal}), à l'aide de l'au moins un écart mesuré (E_m) et de l'au moins une valeur d'écart réel (E_r).

[Revendication 2]

Ensemble (100) selon la revendication 1, caractérisé en ce que, dans chaque module UWB (110₁ ; 110₂ ; 110₃ ; 110₄ ; 110_i), l'unité de traitement de signal (113_i) est configurée pour calculer la valeur de la distance de calibration (d_{cal}), à l'aide d'une différence entre l'écart mesuré (E_m) et la valeur d'écart réel (E_r).

[Revendication 3]

Ensemble (100) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, dans chaque module UWB (110₁ ; 110₂ ; 110₃ ; 110₄ ; 110_i) :

- ladite mémoire stocke plusieurs valeurs d'écart réel, qui correspondent respectivement aux valeurs d'écart réel entre ledit module UWB et chacun des autres modules UWB ;
- ledit module UWB est configuré pour calculer plusieurs écarts mesurés, qui correspondent à des valeurs respectives de distance entre ledit module UWB et chacun des autres modules UWB ; et
- ledit module UWB est configuré pour calculer la valeur d'une distance de calibration, à l'aide de différences respectives entre un écart mesuré et une valeur correspondante d'écart réel, et en combinant lesdites différences.

[Revendication 4]

Ensemble (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, dans chaque module UWB (110₁ ; 110₂ ; 110₃ ; 110₄ ; 110_i), l'unité de traitement de signal (113_i) est configurée pour stocker ladite valeur de distance de calibration (d_{cal}), et pour utiliser cette dernière lors de calculs ultérieurs d'une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge (300).

[Revendication 5]

Ensemble (100) selon la revendication 4, caractérisé en ce que, dans chaque module UWB (110₁ ; 110₂ ; 110₃ ; 110₄ ; 110_i), l'unité de traitement de signal (113_i) est configurée pour :

- déterminer une valeur initiale de distance de calibration, puis utiliser

cette dernière en tant que valeur de distance de calibration, lors de calculs ultérieurs d'une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge (300) ; puis

- déterminer au moins une valeur mise à jour de distance de calibration, puis utiliser cette dernière en tant que valeur de distance de calibration, lors de calculs ultérieurs d'une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge (300).

[Revendication 6] Ensemble (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que chaque module UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i) présente un mode de fonctionnement dit classique, dans lequel il est configuré pour fournir au moins une valeur courante de distance relativement à un badge (300), et un mode de fonctionnement dit d'autocalibration, dans lequel il est configuré pour fournir une valeur de distance de calibration (d_{cal}), chaque module UWB comportant en outre une unité de pilotage (114_i), configurée pour piloter un basculement du module UWB vers le mode d'autocalibration.

[Revendication 7] Ensemble (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que dans chaque module UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i), l'unité de traitement de signal (113_i) est configurée pour comparer la valeur d'une distance de calibration (d_{cal}) avec une valeur seuil prédéterminée, et pour générer un signal d'alerte lorsque la valeur d'une distance de calibration est supérieure à ladite valeur seuil.

[Revendication 8] Ensemble (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que dans chaque module UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i), l'unité de traitement de signal (113_i) est configurée pour :

- détecter un module défectueux parmi les modules UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i) de l'ensemble, en comparant, avec un seuil prédéterminé, une différence en valeur absolue entre l'écart mesuré (E_m) et la valeur d'écart réel (E_r) correspondante ; et
- piloter la désactivation du module UWB identifié comme étant défectueux, lorsqu'il a été détecté la présence d'un module défectueux parmi les modules UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i) de l'ensemble (100).

[Revendication 9] Système de localisation d'utilisateur, destiné à être intégré au sein d'un véhicule automobile (10), et comportant un ensemble (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un calculateur central (200), connecté à chacun des modules UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i) de l'ensemble (100), et configuré pour :

- recevoir, en provenance de chacun respectif desdits modules UWB, une valeur courante de distance entre ledit module UWB et le badge (300) ; et

- calculer, à l'aide desdites valeurs courantes de distance, une position courante du badge (300) relativement audit véhicule.

[Revendication 10] Système selon la revendication 9, caractérisé en ce que ledit calculateur central (200) est configuré en outre pour piloter un verrouillage et/ou déverrouillage d'au moins un ouvrant du véhicule automobile (10), en fonction notamment d'au moins une position courante du badge (300) relativement audit véhicule (10).

[Revendication 11] Système selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte en outre le badge (300), le badge étant destinée à être portée par un utilisateur souhaitant accéder au véhicule automobile (10), et comportant une mémoire stockant un code d'authentification.

[Revendication 12] Véhicule (10) comportant un ensemble (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

[Revendication 13] Procédé mis en œuvre dans chaque module UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i) d'un ensemble (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

a/ émission (401) du signal d'interrogation de module UWB (SE(i)), à destination de l'un au moins des trois autres modules UWB, et réception (402) en retour de l'au moins un signal de réponse de module UWB (SR(i, j)) ;

b/ mémorisation (403) des deuxièmes données d'horodatage (T_i), relatives à des instants d'émission du signal d'interrogation de module UWB et de réception du signal de réponse de module UWB ;

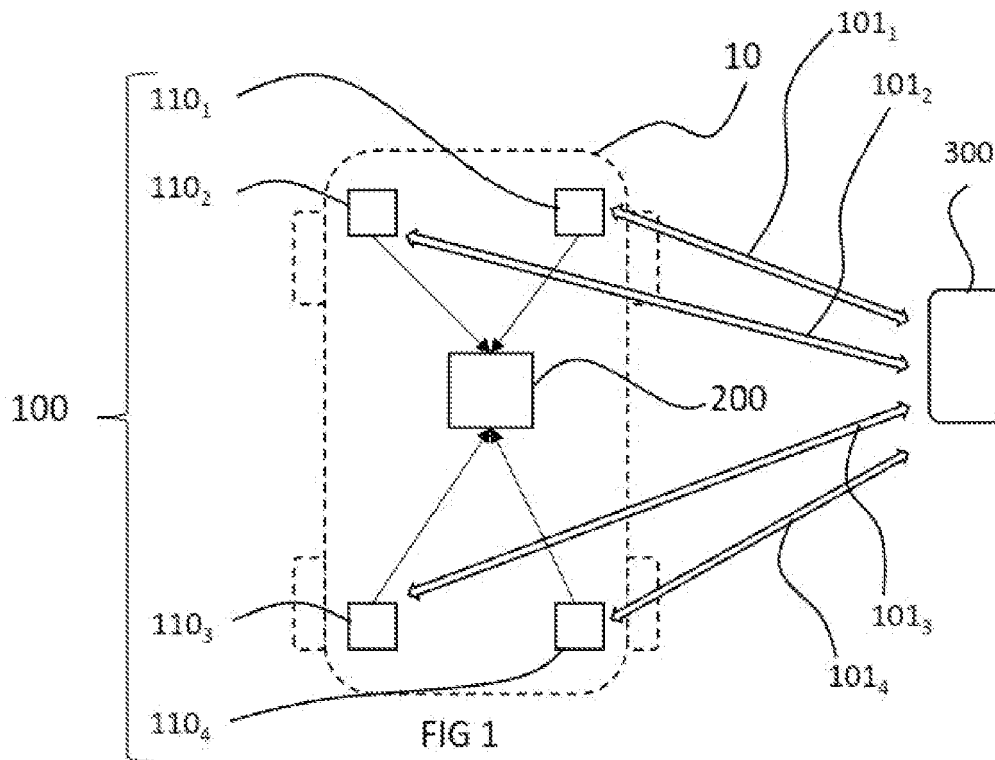
c/ à l'aide des deuxièmes données d'horodatage, calcul (404) de la deuxième valeur courante de temps de vol (Δt), correspondant à une durée de propagation de signal radiofréquence entre ledit module UWB et l'un respectif parmi les trois autres modules UWB, et utilisation (405) de ladite deuxième valeur courante de temps de vol pour calculer l'écart mesuré (E_m) correspondant ;

d/ calcul d'une différence (406) entre l'écart mesuré (E_m) et la valeur d'écart réel (E_r) correspondante, pour obtenir une valeur de distance de calibration (d_{cal}) ; puis

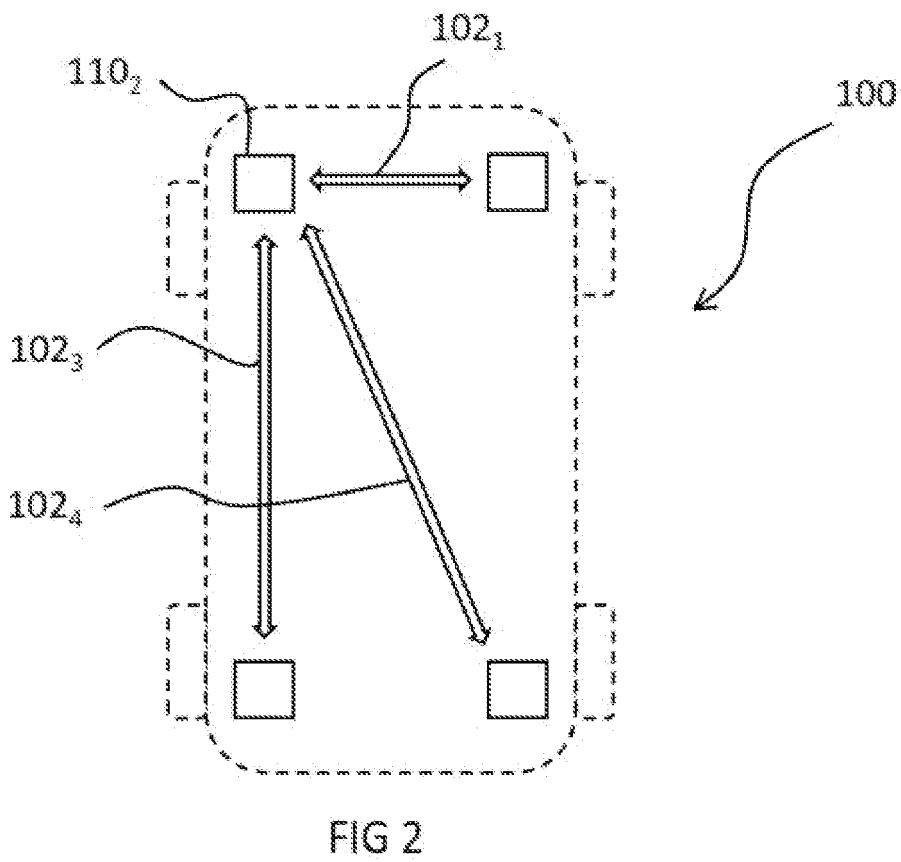
e/ utilisation de ladite valeur de distance de calibration pour calculer ensuite au moins une valeur courante de distance entre ledit module UWB et un badge.

- [Revendication 14] Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que les étapes a/ à d/ sont mises en œuvre plusieurs fois au cours de la durée de vie de l'ensemble (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, et en ce que l'étape e/ est chaque fois mise en œuvre en utilisant la dernière valeur calculée de distance de calibration.
- [Revendication 15] Procédé selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce qu'il comporte en outre :
- une étape détection d'un module défectueux parmi les modules UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i) de l'ensemble (100), en comparant, avec un seuil prédéterminé, une différence en écart absolu entre l'écart mesuré (E_m) et la valeur d'écart réel (E_r) correspondante ; et
 - une étape de pilotage d'une désactivation du module UWB identifié comme étant défectueux, lorsqu'il a été détecté la présence d'un module défectueux parmi les modules UWB (110_1 ; 110_2 ; 110_3 ; 110_4 ; 110_i) de l'ensemble (100).

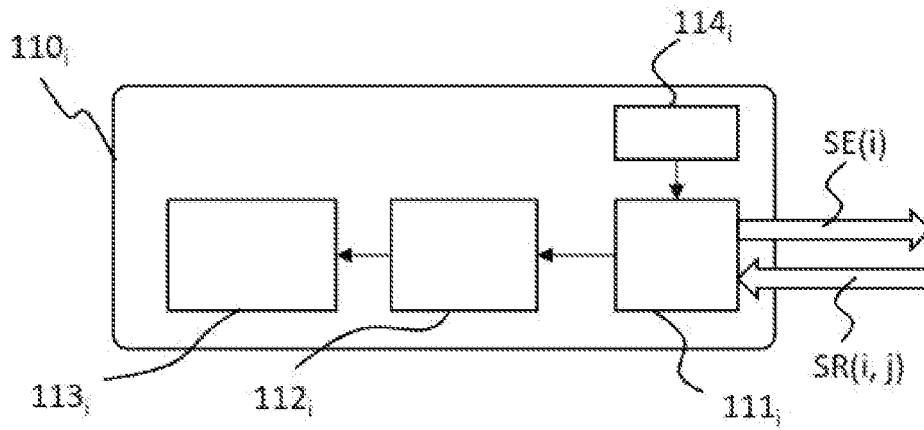
[Fig. 1]



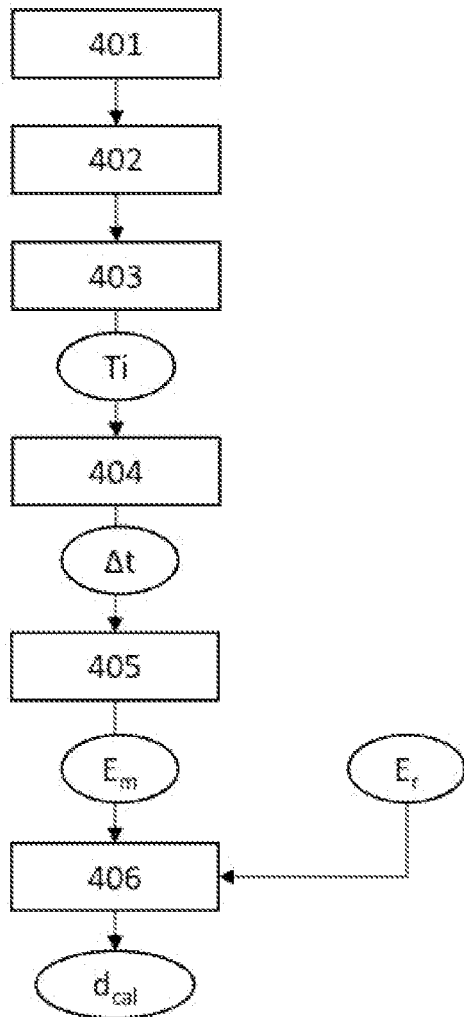
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

EP 2 180 334 A2 (AEROSCOUT LTD [IL])
28 avril 2010 (2010-04-28)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 2022/053436 A1 (SOSNIN SERGEY [RU] ET AL) 17 février 2022 (2022-02-17)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT